

# Termodinâmica

## Aula 10:

### Estudos de caso

DSc. Eng. Samuel Moreira Duarte Santos  
Engenheiro Mecânico  
CREA MG 106478D

Rio de Janeiro, 26 de abril 2023

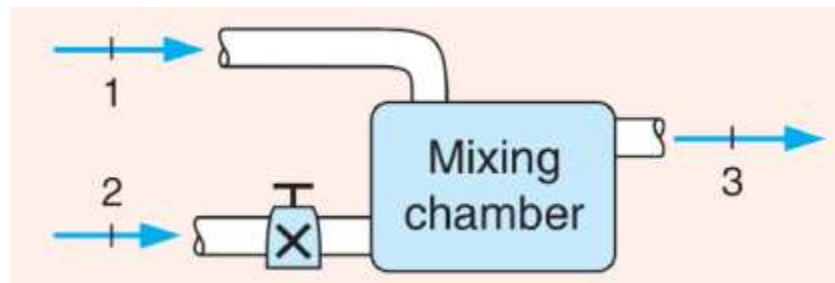
Samuel Moreira Duarte Santos

# Agenda

- Estudos de caso

# Aplicação prática 3

Tem-se um escoamento de vapor d'água **superaquecido** ( $3 \text{ kg/s}$ ,  $300 \text{ kPa}$  e  $300^\circ\text{C}$ ) que queremos resfriar misturando com **água líquida saturada** a  $200 \text{ kPa}$  de maneira que a saída é **vapor saturado** a  $300 \text{ kPa}$ . Encontre a vazão mássica da água líquida necessária para o processo.



# Aplicação prática 3

- Da tabela termodinâmica tiramos as entalpias de todos os estados:

$$h_1 = 3069,28 \text{ kJ/kg}$$

$$h_2 = 376,9 \text{ kJ/kg}$$

$$h_3 = 2967,59 \text{ kJ/kg}$$

- A conservação da massa resulta em:

$$\dot{m}_3 = \dot{m}_1 + \dot{m}_2$$

- A conservação da energia resulta em:

$$\frac{dE_{VC}}{dt} = \dot{Q} - \dot{W} + \sum_e \dot{m}_e \left( h + gz + \frac{V^2}{2} \right) - \sum_s \dot{m}_s \left( h + gz + \frac{V^2}{2} \right)$$

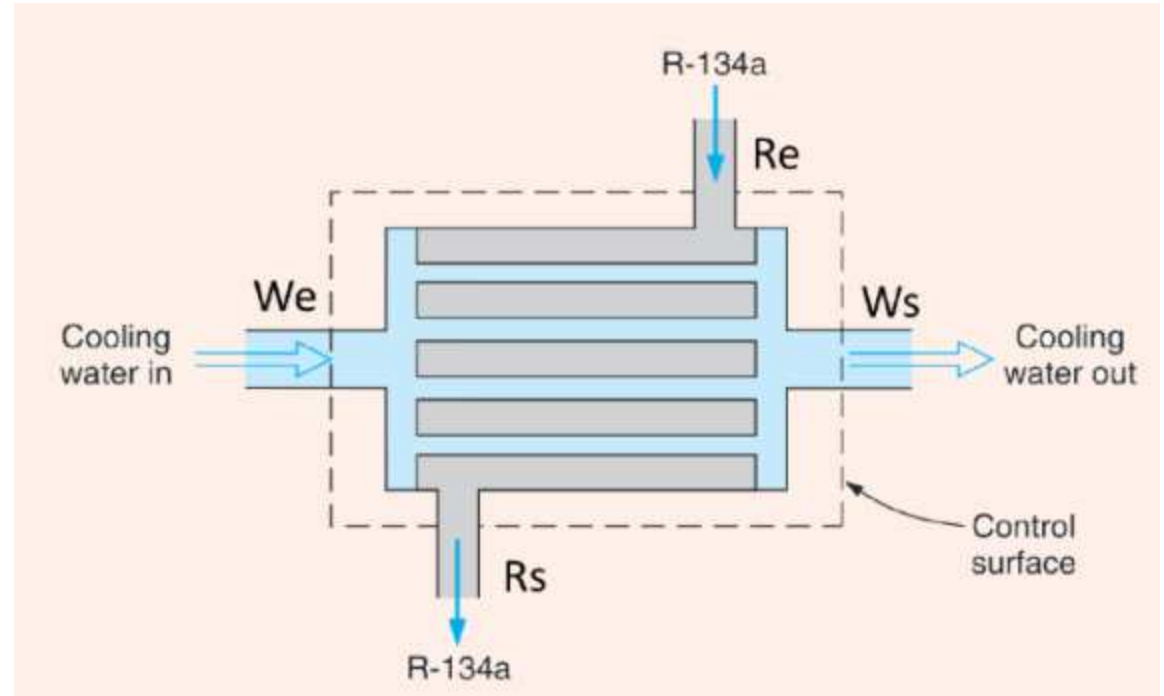
# Aplicação prática 3

- A conservação da energia resulta em:

$$\dot{m}_1 h_1 + \dot{m}_2 h_2 = (\dot{m}_1 + \dot{m}_2) h_3$$

$$\dot{m}_2 = 0,118 kg/s$$

# Aplicação prática 4



Sabe-se as seguinte informações para R-134a:

$\dot{m}_R = 0,2 \text{ kg/s}$   $p_{Re} = 1 \text{ MPa}$ ,  $T_{Re} = 60^\circ\text{C}$

$p_{Rs} = 0,95 \text{ MPa}$  e  $T_{Rs} = 35^\circ\text{C}$

Sabe-se as seguinte informações para água:

$T_{We} = 10^\circ\text{C}$ , água líquida comprimida

$T_{Ws} = 20^\circ\text{C}$ , água líquida comprimida

Determine a vazão mássica da água.



# Aplicação prática 4

Para a entrada e saída de R-134a, podemos pegar da tabela:

$$h_{Re} = 441,5 \text{ kJ/kg}$$

$$h_{Rs} = 249 \text{ kJ/kg}$$

Da conservação da massa, para VC em reg. permanente:

$$\dot{m}_{Re} = \dot{m}_{Rs} = \dot{m}_R$$

$$\dot{m}_{We} = \dot{m}_{Ws} = \dot{m}_W$$

sabe-se que para trocadores de calor:

$$\dot{Q} \approx 0$$

$$\dot{W} = 0$$

Aplicando a primeira lei da termodinâmica para VC em reg. permanente:

$$\dot{m}_R h_{Re} + \dot{m}_W h_{We} = \dot{m}_R h_{Rs} + \dot{m}_W h_{Ws}$$

$$\dot{m}_R (h_{Re} - h_{Rs}) = \dot{m}_W (h_{Ws} - h_{We})$$

$$\dot{m}_W = \dot{m}_R \frac{h_{Re} - h_{Rs}}{h_{Ws} - h_{We}}$$

Como a água é líquida, sabemos que  $c_p \approx c_v \approx \text{cte}$ , então, da tabela, o calor específico da água líquida:

$$c_p = 4,184 \text{ kJ/kg K} \quad (5.51)$$

Sabemos também que:

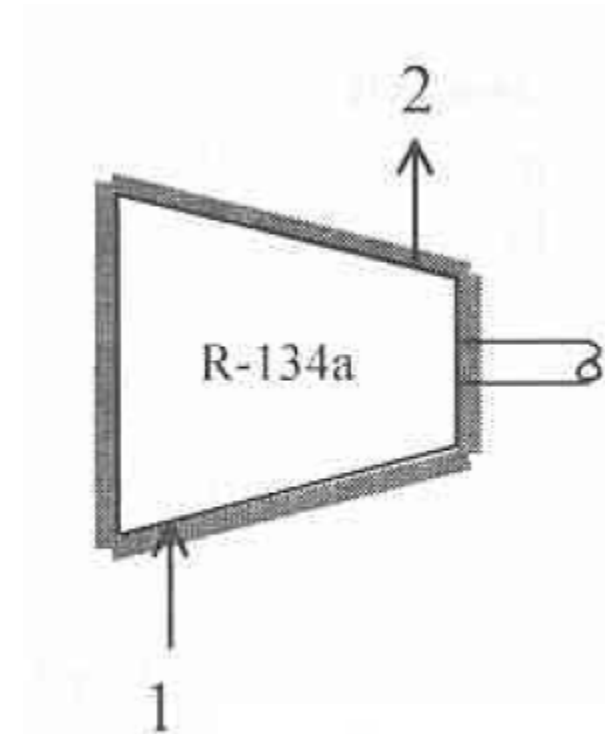
$$h_{Ws} - h_{We} = c_p (T_{Ws} - T_{We}) = 41,84 \text{ kJ/kg} \quad (5.52)$$

Assim achamos  $\dot{m}_W$ :

$$\dot{m}_W = \dot{m}_R \frac{h_{Re} - h_{Rs}}{h_{Ws} - h_{We}} = 0,920 \text{ kg/s} \quad \blacktriangleleft \blacktriangleleft \quad (5.53)$$

# Aplicação prática 5

$$\begin{aligned}T_1 &= -20^\circ\text{C} \\ \text{sat. vapor} \\ P_2 &= 0.7 \text{ MPa} \\ T_2 &= 70^\circ\text{C}\end{aligned}$$



- Qual é o trabalho requerido?
- Qual é a vazão volumétrica de refrigerante?





# Aplicação prática 5

- Regime permanente;
- Energia cinética e potencial desprezível; e
- Dispositivo adiabático.

# Aplicação prática 5

$$\left. \begin{array}{l} T_1 = -20^\circ\text{C} \\ \text{sat. vapor} \end{array} \right\} \begin{array}{l} v_1 = 0.1464 \text{ m}^3/\text{kg} \\ h_1 = 235.31 \text{ kJ/kg} \end{array}$$
$$\left. \begin{array}{l} P_2 = 0.7 \text{ MPa} \\ T_2 = 70^\circ\text{C} \end{array} \right\} h_2 = 307.01 \text{ kJ/kg}$$

$$\underbrace{\dot{E}_{in} - \dot{E}_{out}}_{\text{Rate of net energy transfer by heat, work, and mass}} = \underbrace{\Delta \dot{E}_{\text{system}}}_{\text{Rate of change in internal, kinetic, potential, etc. energies}} \stackrel{\text{no (steady)}}{=} 0$$

$$\dot{E}_{in} = \dot{E}_{out}$$

$$\dot{W}_{in} + \dot{m}h_1 = \dot{m}h_2 \quad (\text{since } \dot{Q} \cong \Delta ke \cong \Delta pe \cong 0)$$

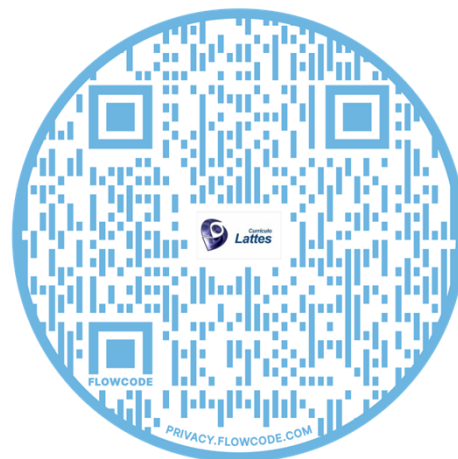
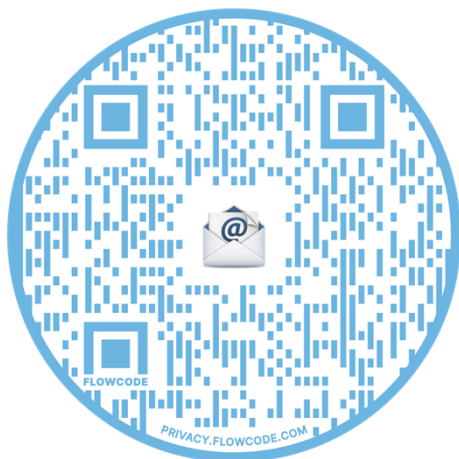
$$\dot{W}_{in} = \dot{m}(h_2 - h_1)$$

$$\begin{aligned} \dot{W}_{in} &= (1.2 \text{ kg/s})(307.01 - 235.31) \text{ kJ/kg} \\ &= \mathbf{86.04 \text{ kJ/s}} \end{aligned}$$

# Aplicação prática 5

- Vazão volumétrica de refrigerante na entrada do compressor:

$$\dot{V}_1 = \dot{m}v_1 = (1.2 \text{ kg/s})(0.1464 \text{ m}^3/\text{kg}) = \mathbf{0.176 \text{ m}^3/\text{s}}$$



DSc. Eng. Samuel Moreira Duarte Santos

CREA 106478D

[samuelfmoreira@id.uff.br](mailto:samuelfmoreira@id.uff.br)

(21) 980031100

<https://www.linkedin.com/in/samuel-moreira-a3669824/>

<http://lattes.cnpq.br/8103816816128546>